

## **Relação das variáveis antropométricas e cinemáticas com A PERFORMANCE no Lançamento do peso em indivíduos não *experts***

Costa, MJ<sup>1,2</sup>; Zambujeiro, P<sup>1</sup>; Gouveia, F<sup>1</sup>; Cardoso, L<sup>1</sup>; Santos, N<sup>1</sup>; Pereira A<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, Portugal

<sup>2</sup> Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real, Portugal

### **Resumo**

A técnica de lançamento do peso é uma disciplina atlética que envolve a realização de uma série complexa de movimentos no interior de uma área de espaço limitado. Tratando-se de um movimento explosivo, suspeita-se que as componentes antropométricas e cinemáticas se revelem determinantes para o desempenho final do atleta. Foi objetivo deste estudo estabelecer uma relação de alguns indicadores antropométricos e cinemáticos com a performance do lançamento do peso em indivíduos não *experts*. Quatro jovens adultos regularmente ativos e saudáveis, participaram voluntariamente neste estudo. Após um aquecimento previamente definido, cada sujeito efetuou um lançamento com um peso de 5 kg. Uma câmara de vídeo foi colocada no plano sagital, de modo a registar a totalidade do movimento. A análise cinemática foi realizada posteriormente através do registo vídeo. A avaliação antropométrica contemplou a medição da massa corporal (MC), estatura (Est) e comprimento do membro superior dominante (CompMS). Em termos cinemáticos as variáveis avaliadas foram a altura de projeção (AltProj), o ângulo de projeção (AngProj) e a velocidade de projeção (velProj). A performance foi obtida com recurso à medição do alcance do projétil no final do lançamento. Recorreu-se a modelos de regressão linear simples para determinar a associação entre as variáveis cinemáticas e antropométricas em estudo e o alcance de cada lançamento. Verificou-se que em termos antropométricos, o alcance final do lançamento possui fortes relações com a Est ( $R^2=0,80$ ) e CompMS ( $R^2=0,85$ ). Em termos cinemáticos, o alcance parece ser determinado pela AltProj ( $R^2=0,75$ ) e pela velProj ( $R^2=0,75$ ). Assim, a performance no lançamento do peso de indivíduos não *experts* parece depender maioritariamente das dimensões antropométricas como a estatura e comprimento do membro superior. No entanto alguns indicadores cinemáticos (p.e. altura e velocidade de projeção) não devem ser negligenciados.

**Palavras-Chave:** Lançamento do peso, Cinemática, Antropometria, Performance

## Introdução

A técnica de lançamento do peso é uma disciplina atlética que envolve a realização de uma série complexa de movimentos no interior de uma área de espaço limitado. O local de lançamento consiste num círculo com um diâmetro de 2,135 m ( $\pm 5$  mm), que na sua parte anterior contém uma antepara que o atleta não pode pisar. O sector de queda do peso possui um ângulo de abertura de  $34,92^\circ$ , cuja origem acontece no centro do círculo. O projétil utilizado é uma esfera metálica, que pesa 7,260 kg para as provas masculinas e 4,000 kg para as femininas (Regras Oficiais de Competição IAAF 2012-2013). Segundo Linthorne (2001, citado em Puletić, 2011) a técnica de lançamento do peso requer um grande nível de força explosiva e a capacidade de realizar todos os elementos técnicos num momento preciso e num espaço limitado. O objetivo do atleta é lançar o projétil o mais distante possível, tendo em consideração as regras oficiais. Para esse efeito, existem três técnicas padronizadas: (i) técnica de lançamento em posição ereta sem deslizamento; (ii) técnica retilínea, e; (iii) técnica em rotação (Lanka, 2000). A primeira é a mais primitiva, pelo que está hoje obsoleta. As duas últimas possuem alguns pontos em comum, no entanto distinguem-se pela diferença que existe no percurso de aceleração do projétil: em linha recta na técnica retilínea e num percurso circular na técnica em rotação. A performance final do lançamento depende das características morfológicas, capacidades motoras e técnica de lançamento do sujeito (Čoh and Jošt, 2005 citado em Puletić (2011). Segundo Lanka (2000), a distância horizontal alcançada pelo projétil depende da sua velocidade de projeção, ângulo de projeção e altura de projeção. No entanto, Linthorne (2001, citado em Puletić, 2011) afirma que a maior correlação acontece entre a distância de lançamento do projétil (alcance) e a velocidade de projeção, o que torna esta última no factor mais importante no lançamento do peso. Segundo Lanka (2000), a velocidade de projeção depende dos seguintes fatores: (i) força aplicada ao projétil; (ii) distância de aplicação da força; (iii) duração da ação. No entanto as evidências encontradas reportam para sujeitos de nível competitivo elevado. Até ao momento pouco se descortinou em relação às variáveis que determinam o desempenho no lançamento do peso em indivíduos sem experiência na sua execução.

Foi objetivo deste estudo estabelecer uma relação de alguns indicadores antropométricos e cinemáticos com a performance do lançamento do peso em indivíduos não *experts*. Definiu-se como hipótese a possibilidade de serem as variáveis antropométricas que melhor iriam determinar o alcance do projétil em sujeitos com este nível de lançamento.

## Metodologia

### Amostra

Quatro jovens adultos ( $24.3 \pm 1.3$  anos de idade), do sexo masculino e saudáveis participaram voluntariamente neste estudo. Todos os sujeitos frequentavam o curso de licenciatura em

ciências do desporto, possuindo noções básicas da modalidade. No entanto, não poderiam ser considerados *experts* por não terem um número de anos de experiência suficientemente robusto na prática do lançamento do peso. Todos os procedimentos se regeram de acordo com a Declaração de Helsínquia no que à pesquisa de humanos diz respeito.

#### Desenho do estudo

O protocolo foi dividido em duas etapas. Uma fase inicial onde todos os indivíduos foram sujeitos a uma explicação técnica, seguida de um aquecimento e lançamentos preparatórios. Uma segunda fase onde cada sujeito efetuou o lançamento propriamente dito e o qual foi filmado para posterior análise laboratorial. Todos os sujeitos utilizaram uma técnica de execução pré-determinada (técnica retilínea), sendo que das 4 fases que a compõem (preparação, deslizamento, arremesso e recuperação), apenas se analisou a fase do arremesso, que corresponde ao momento de perda de contacto com o peso assumindo este as propriedades de projétil.

O registo vídeo para posterior análise cinemática foi recolhido através da utilização de uma câmara digital (Canon Legria HF M406), que conta com uma taxa de 50 *frames* por segundo. A câmara foi posicionada de forma a ficar num plano sagital relativamente à direção do lançamento. Os sujeitos não foram instrumentados com referências nos pontos anatómicos, visto o envolvimento conferir um nível de contraste aceitável. Como objeto de calibração foi utilizada uma barreira com 65 cm de altura.

#### Recolha de dados

Foi definido que a recolha iria incidir em indicadores do domínio antropométrico e cinemático. A recolha dos dados antropométricos fez uso de um circuito com três estações com objetivos de medições distintas: i) estação para medição da estatura (Est); ii) estação para medição da massa corporal (MC); iii) estação para medição do comprimento do membro superior dominante (CompMS). A Est (cm) foi medida com recurso a um estadiómetro digital (SECA, 242, Hamburg, Germany) desde o vértex até ao solo, estando os sujeitos na posição antropométrica fundamental. A MC (kg) foi obtida através de uma balança digital (SECA, 884, Hamburg, Germany) estando os sujeitos com o menor número de peças de roupa possível. Para a medição do CompMS (cm) os sujeitos permaneceram na posição ortostática com os braços em extensão completa, e mediu-se o comprimento do braço dominante desde o acrómio clavicular até ao terceiro dedo da mesma mão com uma fita antropométrica flexível (RossCraft, Canada).

As variáveis cinemáticas foram recolhidas com recurso a um software 2D Kinovea, (versão 0.8.15 open source; Software não validado). Para posterior análise determinaram-se: i) a altura de projeção (AltProj, cm), que é a distância entre o solo e o centro do projétil quando este inicia a sua trajetória; ii) o ângulo de projeção (AngProj, °), que consiste no ângulo formado entre o

vetor da velocidade inicial e o vetor horizontal; e iii) a velocidade de projeção (velProj, m/s), que é expressa pelo valor do vetor da velocidade inicial.

#### Procedimentos estatísticos

A análise estatística fez uso de dois softwares: Microsoft Excel V.14.0 (32-bit) e SPSS V20.0 (32-bit). A análise exploratória inicial dos dados recolhidos constou no reconhecimento de eventuais casos omissos e erros na introdução dos dados, para todas as variáveis estudadas. Através dos gráficos de caule-e-folhas (*Stem-and-Leaf*), verificou-se os valores considerados extremos. Foi ainda aplicado o teste de Shapiro-Wilks para determinação quantitativa e objetiva da normalidade dos dados. Na análise descritiva foram empregues como parâmetros de tendência central média e desvio padrão com recurso ao excel. Estabeleceu-se a associação entre as variáveis cinemáticas, antropométricas em estudo e o alcance de cada lançamento a partir de modelos de regressão linear simples. Calculou-se o valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o valor do p e a reta de ajuste da nuvem de dispersão dos dados. Em todos os procedimentos foi adotado um nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ). A análise qualitativa da relação entre o alcance e as restantes variáveis) foi efetuada de acordo com os seguintes intervalos (Costa et al., 2011): muito baixa se  $R^2 < 0,04$ ; baixa se  $0,04 \leq R^2 < 0,16$ ; moderada se  $0,16 \leq R^2 < 0,49$ ; elevada se  $0,49 \leq R^2 < 0,81$  e; muito elevada se  $0,81 \leq R^2 < 1,0$ .

#### Resultados

Na tabela 1 estão representados os valores médios e individuais dos indicadores antropométricos selecionados. Os sujeitos apresentaram uma Est média de 181 cm, uma MC média de 79,7 kg e um CompMS de 78,5 cm.

Tabela 1. Valores médios e individuais dos indicadores antropométricos

ATLETA	MC (kg)	Est (cm)	CompMS (cm)
A	88	187	82
B	66	174	78
C	79	178	74
D	86	186	80
Média	79,75	181,25	78,5
DP	9,94	6,29	3,41

A tabela 2 assinala os valores médios dos indicadores cinemáticos. Os sujeitos apresentaram uma AltProj média de 222 cm, um AngProj médio de 38,7º e uma Velproj média de 23,1m/s.

Tabela 2. Valores médios e individuais dos indicadores cinemáticos

ATLETA	AltProj (cm)	AngProj (°)	velProj (m/s)
A	225	45	25,13
B	212	41	20,96
C	215	37	22,21
D	236	32	24,11
Média	222	38,75	23,10
DP	10,86	5,56	1,87

A figura 1 apresenta a relação entre os indicadores antropométricos e a performance no lançamento do peso. Verificou-se uma relação muito elevada ( $R^2 = 0,84$ ;  $p = 0,08$ ) e positiva entre o CompMS e o alcance do peso. No caso da relação entre a Est e alcance esta foi positiva e elevada ( $R^2 = 0,80$ ;  $p = 0,11$ ). Já entre a MC e o alcance apenas se obteve uma relação moderada ( $R^2 = 0,52$ ;  $p = 0,27$ ).

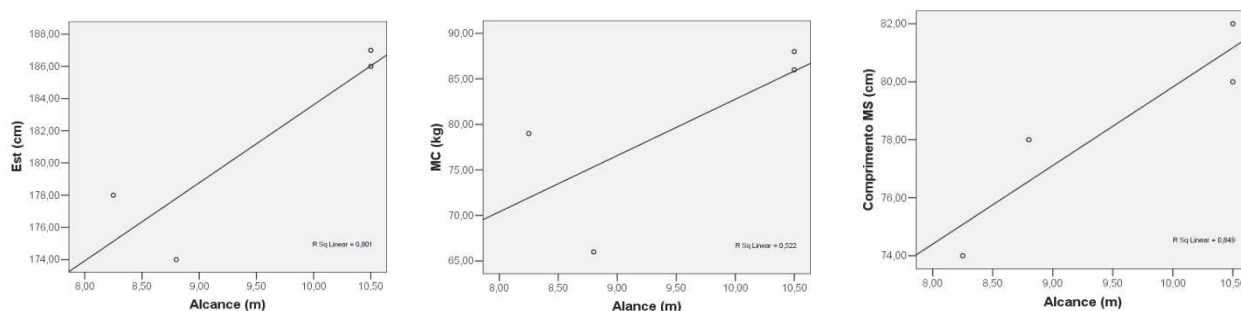


Figura 1 – Relação entre os indicadores antropométricos definidos e a performance no lançamento do peso.

A figura 2 apresenta a relação entre os indicadores cinemáticos e a performance no lançamento do peso. Verificou-se uma relação positiva e elevada entre a AltProj e o alcance do peso ( $R^2 = 0,75$ ;  $p = 0,14$ ). Entre a velProj e o alcance obteve-se uma relação positiva forte ( $R^2 = 0,75$ ;  $p = 0,13$ ). Quanto ao AngProj, não se verificou qualquer relação com o alcance ( $R^2 = 0,00$ ;  $p = 0,99$ ).

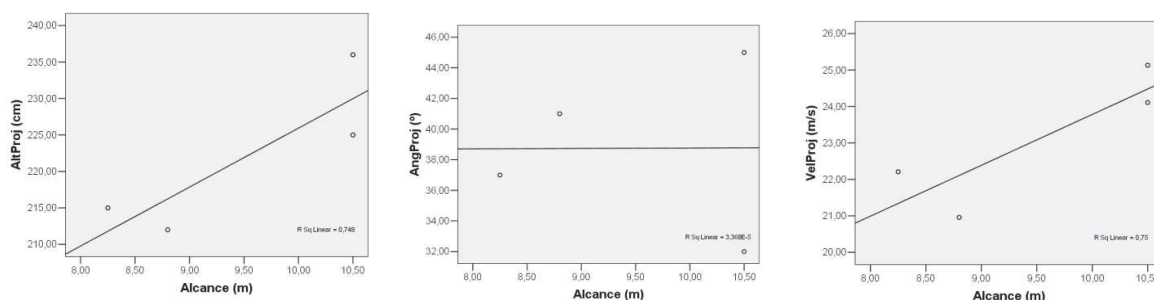


Figura 2 – Relação entre os indicadores cinemáticos e a performance no lançamento do peso.

## Discussão

Foi objetivo deste estudo estabelecer uma relação de alguns indicadores antropométricos e cinemáticos com a performance do lançamento do peso em indivíduos não *experts*. Verificou-se que a performance no lançamento do peso de indivíduos não *experts* parece depender maioritariamente das dimensões antropométricas como a estatura e comprimento do membro superior. No entanto alguns indicadores cinemáticos (p.e. altura e velocidade de projeção) não devem ser menosprezados.

Os indicadores antropométricos dos sujeitos participantes neste estudo revelaram uma Est ( $181 \pm 6,29$  cm) superior à média ( $169 \pm 7,6$  cm) da população masculina adulta portuguesa. O valor da MC média ( $79,7 \pm 9,94$  kg) foi também superior à média nacional ( $74 \pm 11$  kg). Quanto ao CompMS não existem dados comparativos, mas é possível inferir que esse indicador ultrapassaria igualmente a média nacional. No geral, os participantes neste estudo revelaram um perfil antropométrico superior ao da população. O facto de serem estudantes de uma licenciatura em desporto, e de as exigências do curso requerer algum porte atlético para a consecução dos seus objetivos, já seria expectável que as suas características antropométricas pudessem estar ligeiramente acima da média populacional.

Quanto aos indicadores cinemáticos, a AltProj média ( $222 \pm 10,8$  cm) é semelhante à determinada por outros autores para atletas experientes. Segundo Lanka (2000), o intervalo ótimo para esta variável acontece entre os 220 cm e 230 cm. Já Young (2009) afirma que a altura de projeção dos melhores lançadores de peso é entre 200 cm e 220 cm. Considerando que a AltProj depende da estatura do sujeito (Puletić, 2011), considera-se que os resultados obtidos se adequam à realidade. Lanka (2000) considera que o ângulo de projeção ótimo para atletas de elite acontece no intervalo entre os  $37^\circ$  e  $41^\circ$ . Neste estudo, o valor médio do AngProj ( $38,7 \pm 5,5^\circ$ ) adequa-se perfeitamente ao intervalo citado. Apesar de uma menor experiência demonstrada pelos lançadores no presente estudo, parece que o comportamento cinemático durante o lançamento do peso se equivale ao dos atletas de elite.

Diversos autores (Lanka, 2000; Linthorne, 2001; Zatsiorsky, 1990) afirmam que para atletas de elite a maior correlação acontece entre a distância de lançamento do projétil (alcance) e a velocidade de projeção, o que torna esta última no fator mais importante no lançamento do peso. Para obter uma performance de 21 m no lançamento do peso é necessário que o sujeito possua uma velocidade de projeção de 13,5 m/s (Young, 2009). Segundo Lanka (2000) um atleta de elite ao projetar um engenho de 7,260 kg a uma distância de 20 m, necessita de ter uma velocidade de projeção de 13 m/s. Neste estudo o valor médio para a velProj ( $23,1 \pm 1,8$  m/s), é muito superior ao verificado em atletas de elite. Dada a sua irrealidade, este é um resultado que não deve ser considerado. Fica assim exposta a fragilidade e falta de rigor do software de análise utilizado. No entanto, é possível comparar a performance de cada sujeito do estudo com os valores da velProj. Verificou-se uma relação positiva forte entre o alcance e a velProj. Quando a velProj aumenta, o alcance também aumenta, o que está de acordo com os resultados expressos na literatura. Como tal parece existir uma relação de sinergia entre todas estas variáveis, pelo que se torna evidente que o alcance está dependente das características morfológicas, das capacidades motoras e da técnica de lançamento de cada sujeito. Segundo Lanka (2000), a distância horizontal alcançada por um projétil lançado a um certo ângulo com o eixo horizontal depende da velProj, AngProj e AltProj. No lançamento do peso os valores ótimos para estas variáveis estão relacionados com qualidades individuais, como a força, explosão e técnica de cada atleta. A AltProj depende da Est, do CompMS e do nível de preparação física e técnica do sujeito. Um aumento da AltProj irá causar um aumento do tempo de voo do projétil, o que fará com que o alcance final seja maior. Neste ponto, verificou-se que é possível afirmar que a AltProj para indivíduos não *experts* é semelhante à dos atletas de elite. O valor do AngProj está dependente da velProj e AltProj (Lanka, 2000). Um aumento da AltProj irá reduzir o AngProj ótimo e vice-versa. Já um aumento da velProj irá aumentar o AngProj ótimo (Dyson, 1967). Um desvio de 3º ou 4º do valor ótimo do AngProj não influencia significativamente o alcance final do projétil, no entanto, um desvio de 10º poderá diminuir o seu valor em cerca de 1 m (Tutevich, 1969). Os participantes neste estudo evidenciaram um AngProj médio ( $38,7 \pm 5,5$  º) semelhante ao dos atletas de elite. Porém, após a análise estatística, não se verificou nenhuma relação entre AngProj e alcance. Tal resultado poderá ser explicado pelo número reduzido de participantes neste estudo. Segundo Grigalka (1974) tanto a AltProj como o AngProj são relativamente estáveis em termos individuais, pelo que, de um ponto de vista prático esses valores não poderão ser alterados para efeito de uma melhoria de performance. Um atleta que queira melhorar os seus resultados deverá apostar num aumento da sua velProj que depende em grande medida da força que lhe é transmitida pelo sujeito. Esta é a realidade em atletas de elite que parece transparecer também em indivíduos não *experts*. Pois apesar de as variáveis antropométricas conseguirem explicar de forma mais robusta o resultado da performance obtida, estes são aspetos que não conseguem ser manipulados. Um atleta não pode influenciar a sua Est ou CompMS, logo os valores da AltProj e AngProj que delas dependem, não podem

também ser alvo de uma mudança intencional. No entanto, no processo de seleção e deteção de talentos poderão ser pontos a considerar. Deste modo, a velProj acaba por evidenciar um carácter mais treinável, visto que depende essencialmente da força do sujeito. A força é uma capacidade motora condicional que poderá ser treinada e melhorada de forma consistente mesmo em sujeitos não *experts*. Apesar de os índices de força muscular não terem sido considerados no presente estudo, deverão ser alvo de interesse no futuro através de uma abordagem semelhante.

Este estudo teve um conjunto de elementos que o limitaram em grande escala e que deverão ser colmatados: (i) amostra reduzida comprometendo o potencial dos resultados e a extrapolação dos mesmos para a população em geral; (ii) instrumento de análise cinemática que apesar de útil e fácil aplicação no terreno não é validado e apresenta um fraco rigor científico (baixa fidelidade); (iii) necessidade de expandir a quantidade de indicadores em análise para outros domínios (p.e. muscular e controlo motor).

### **Conclusões**

A performance no lançamento do peso de indivíduos não *experts* parece depender maioritariamente das dimensões antropométricas como a estatura e comprimento do membro superior. No entanto alguns indicadores cinemáticos (p. e. altura e velocidade de projeção) não devem ser menosprezados. Compete aos profissionais de educação física direcionar a atenção para estes indicadores de forma a melhor interpretarem os resultados consoante as características dos seus alunos. Para este tipo de sujeitos o treino deverá apostar na correta aprendizagem da técnica ajustando-a aos factores antropométricos dos mesmos. Adicionalmente o treino técnico do movimento atlético deverá privilegiar cada vez mais um aumento velocidade de projeção do engenho.

### **Referências bibliográficas**

- Costa M, Oliveira C, Teixeira g, Marinho da, Silva AJ, Barbosa TM (2011) *The influence of musical cadence into aquatic jumping jacks kinematics. Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 607-615
- DYson, G. H. (1967). *The mechanics of athletics*. London:University of London Press.
- Grigalka, O. (1974). Shot putting and discus throwing. *Textbook for Track and Field Coaches*, 423-447.
- Lanka, J (2000). Shot Putting. In B. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport*. (pp.435-457) Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Puletić, M (2011). Comparative kinematic Analysis of Release of the best Serbian Shot Putters. In *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 9(4), 359-364.



Tutevich, V. N. (1969). *The Theory of Throwing Events*. FIS, Moscow.

Young, M. (2009) *Development and application of an optimization model for elite level shot putting*. Louisiana: Faculty of the Louisiana State University.

Zatsiorsky, V. M. (1990). The biomechanics of shot putting technique. In *Proceedings of the First International Conference on Techniques in Athletics*, 1, 118-125.